

A TARTALOMBÓL:

- Kémiai intuíció
- CREDO: kisszögű röntgenszórásos nagyberendezés
- Szintézisek mikrohullámú technikával
- Peszticidek eltávolítása



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓIRATA • LXX. ÉVFOLYAM • 2015. OKTÓBER • ÁRA: 850 FT

FOTÓ: © AGENCIA ID

Égésgátolt polimerek



 A lap megjelenését
a Nemzeti Kulturális Alap
támogatja
Nemzeti Kulturális Alap

A kiadvány
a Magyar Tudományos
Akadémia támogatásával
készült

MÉRÉSTECHNIKA & LABORTECHNIKA

PF-12 FOTOMÉTER

VÍZANALITIKA



Újfajta sokoldalúság

- Több mint 100 előre programozott mérési módszer
- Saját módszerek tárolhatósága
- Automatikus hullaműködés-állítás
- Határértékelt grafikus LCD, magyar segítő menü
- Adattárolás GLP szerint
- USB adatátvitel, frissítés és tápellátás
- Víz- és porított, zárt készülék (IP 67)

MACHEREY-NAGEL

SZÜRŐPAPIROK

SZÜRŐKARTONOK

MEMBRÁNSZÜRŐK

Buckner-Papel GmbH. Tradícióra és tapasztalatra építkezve. Csaknem egy évszázada az Önök és a miénk szolgálatában!



MACHEREY-NAGEL

pH-papírok

tesztcsíkok

a legnagyobb választékban



102 éve stabil minőség!

MACHEREY-NAGEL

OxiTop® ...az eredeti

BOI mérés

Biogáz mérés

Bonthatóság

O₂-fogyasztás

AEROB és ANAEROB VIZ- és HULLADÉK MÉRÉSEK



MACHEREY-NAGEL

Multi Line

Intelligens Digitális Szenzorok

és intelligens multiparámteres műszerek:

Valamennyi szenzor mindegyik csatlakozóba



MULTILINE

Szeretne ingyen egy fotométert?

AMIG A KÉSZLET TART!

SEMMI AKADÁLYA!

Akciók ideje alatt díjmentesen juthat hozzá egy új típusú PF3 okosfotométerhez 2 év garanciával!

A PF-3 okosfotométer ideális műszeres megoldás a helyszíni, üzemi vízminőség ellenőrző mérésekhez, használata nem igényel különösebb képzést.

Novák, azonos fertőtlenítés, szennyvíztisztítási üzemek ellenőrzése

A tápellátás nem fontos körülmény! Kérje részletes ismertetőnket!

PF-3 A típus: Cl⁻, pH, Cl⁻/m, Cl⁻/g, Cl⁻/l, Cl⁻/m³, Cl⁻/m², Cl⁻/m¹, Cl⁻/m⁰, Cl⁻/m⁻¹, Cl⁻/m⁻², Cl⁻/m⁻³, Cl⁻/m⁻⁴, Cl⁻/m⁻⁵, Cl⁻/m⁻⁶, Cl⁻/m⁻⁷, Cl⁻/m⁻⁸, Cl⁻/m⁻⁹, Cl⁻/m⁻¹⁰, Cl⁻/m⁻¹¹, Cl⁻/m⁻¹², Cl⁻/m⁻¹³, Cl⁻/m⁻¹⁴, Cl⁻/m⁻¹⁵, Cl⁻/m⁻¹⁶, Cl⁻/m⁻¹⁷, Cl⁻/m⁻¹⁸, Cl⁻/m⁻¹⁹, Cl⁻/m⁻²⁰, Cl⁻/m⁻²¹, Cl⁻/m⁻²², Cl⁻/m⁻²³, Cl⁻/m⁻²⁴, Cl⁻/m⁻²⁵, Cl⁻/m⁻²⁶, Cl⁻/m⁻²⁷, Cl⁻/m⁻²⁸, Cl⁻/m⁻²⁹, Cl⁻/m⁻³⁰, Cl⁻/m⁻³¹, Cl⁻/m⁻³², Cl⁻/m⁻³³, Cl⁻/m⁻³⁴, Cl⁻/m⁻³⁵, Cl⁻/m⁻³⁶, Cl⁻/m⁻³⁷, Cl⁻/m⁻³⁸, Cl⁻/m⁻³⁹, Cl⁻/m⁻⁴⁰, Cl⁻/m⁻⁴¹, Cl⁻/m⁻⁴², Cl⁻/m⁻⁴³, Cl⁻/m⁻⁴⁴, Cl⁻/m⁻⁴⁵, Cl⁻/m⁻⁴⁶, Cl⁻/m⁻⁴⁷, Cl⁻/m⁻⁴⁸, Cl⁻/m⁻⁴⁹, Cl⁻/m⁻⁵⁰, Cl⁻/m⁻⁵¹, Cl⁻/m⁻⁵², Cl⁻/m⁻⁵³, Cl⁻/m⁻⁵⁴, Cl⁻/m⁻⁵⁵, Cl⁻/m⁻⁵⁶, Cl⁻/m⁻⁵⁷, Cl⁻/m⁻⁵⁸, Cl⁻/m⁻⁵⁹, Cl⁻/m⁻⁶⁰, Cl⁻/m⁻⁶¹, Cl⁻/m⁻⁶², Cl⁻/m⁻⁶³, Cl⁻/m⁻⁶⁴, Cl⁻/m⁻⁶⁵, Cl⁻/m⁻⁶⁶, Cl⁻/m⁻⁶⁷, Cl⁻/m⁻⁶⁸, Cl⁻/m⁻⁶⁹, Cl⁻/m⁻⁷⁰, Cl⁻/m⁻⁷¹, Cl⁻/m⁻⁷², Cl⁻/m⁻⁷³, Cl⁻/m⁻⁷⁴, Cl⁻/m⁻⁷⁵, Cl⁻/m⁻⁷⁶, Cl⁻/m⁻⁷⁷, Cl⁻/m⁻⁷⁸, Cl⁻/m⁻⁷⁹, Cl⁻/m⁻⁸⁰, Cl⁻/m⁻⁸¹, Cl⁻/m⁻⁸², Cl⁻/m⁻⁸³, Cl⁻/m⁻⁸⁴, Cl⁻/m⁻⁸⁵, Cl⁻/m⁻⁸⁶, Cl⁻/m⁻⁸⁷, Cl⁻/m⁻⁸⁸, Cl⁻/m⁻⁸⁹, Cl⁻/m⁻⁹⁰, Cl⁻/m⁻⁹¹, Cl⁻/m⁻⁹², Cl⁻/m⁻⁹³, Cl⁻/m⁻⁹⁴, Cl⁻/m⁻⁹⁵, Cl⁻/m⁻⁹⁶, Cl⁻/m⁻⁹⁷, Cl⁻/m⁻⁹⁸, Cl⁻/m⁻⁹⁹, Cl⁻/m⁻¹⁰⁰, Cl⁻/m⁻¹⁰¹, Cl⁻/m⁻¹⁰², Cl⁻/m⁻¹⁰³, Cl⁻/m⁻¹⁰⁴, Cl⁻/m⁻¹⁰⁵, Cl⁻/m⁻¹⁰⁶, Cl⁻/m⁻¹⁰⁷, Cl⁻/m⁻¹⁰⁸, Cl⁻/m⁻¹⁰⁹, Cl⁻/m⁻¹¹⁰, Cl⁻/m⁻¹¹¹, Cl⁻/m⁻¹¹², Cl⁻/m⁻¹¹³, Cl⁻/m⁻¹¹⁴, Cl⁻/m⁻¹¹⁵, Cl⁻/m⁻¹¹⁶, Cl⁻/m⁻¹¹⁷, Cl⁻/m⁻¹¹⁸, Cl⁻/m⁻¹¹⁹, Cl⁻/m⁻¹²⁰, Cl⁻/m⁻¹²¹, Cl⁻/m⁻¹²², Cl⁻/m⁻¹²³, Cl⁻/m⁻¹²⁴, Cl⁻/m⁻¹²⁵, Cl⁻/m⁻¹²⁶, Cl⁻/m⁻¹²⁷, Cl⁻/m⁻¹²⁸, Cl⁻/m⁻¹²⁹, Cl⁻/m⁻¹³⁰, Cl⁻/m⁻¹³¹, Cl⁻/m⁻¹³², Cl⁻/m⁻¹³³, Cl⁻/m⁻¹³⁴, Cl⁻/m⁻¹³⁵, Cl⁻/m⁻¹³⁶, Cl⁻/m⁻¹³⁷, Cl⁻/m⁻¹³⁸, Cl⁻/m⁻¹³⁹, Cl⁻/m⁻¹⁴⁰, Cl⁻/m⁻¹⁴¹, Cl⁻/m⁻¹⁴², Cl⁻/m⁻¹⁴³, Cl⁻/m⁻¹⁴⁴, Cl⁻/m⁻¹⁴⁵, Cl⁻/m⁻¹⁴⁶, Cl⁻/m⁻¹⁴⁷, Cl⁻/m⁻¹⁴⁸, Cl⁻/m⁻¹⁴⁹, Cl⁻/m⁻¹⁵⁰, Cl⁻/m⁻¹⁵¹, Cl⁻/m⁻¹⁵², Cl⁻/m⁻¹⁵³, Cl⁻/m⁻¹⁵⁴, Cl⁻/m⁻¹⁵⁵, Cl⁻/m⁻¹⁵⁶, Cl⁻/m⁻¹⁵⁷, Cl⁻/m⁻¹⁵⁸, Cl⁻/m⁻¹⁵⁹, Cl⁻/m⁻¹⁶⁰, Cl⁻/m⁻¹⁶¹, Cl⁻/m⁻¹⁶², Cl⁻/m⁻¹⁶³, Cl⁻/m⁻¹⁶⁴, Cl⁻/m⁻¹⁶⁵, Cl⁻/m⁻¹⁶⁶, Cl⁻/m⁻¹⁶⁷, Cl⁻/m⁻¹⁶⁸, Cl⁻/m⁻¹⁶⁹, Cl⁻/m⁻¹⁷⁰, Cl⁻/m⁻¹⁷¹, Cl⁻/m⁻¹⁷², Cl⁻/m⁻¹⁷³, Cl⁻/m⁻¹⁷⁴, Cl⁻/m⁻¹⁷⁵, Cl⁻/m⁻¹⁷⁶, Cl⁻/m⁻¹⁷⁷, Cl⁻/m⁻¹⁷⁸, Cl⁻/m⁻¹⁷⁹, Cl⁻/m⁻¹⁸⁰, Cl⁻/m⁻¹⁸¹, Cl⁻/m⁻¹⁸², Cl⁻/m⁻¹⁸³, Cl⁻/m⁻¹⁸⁴, Cl⁻/m⁻¹⁸⁵, Cl⁻/m⁻¹⁸⁶, Cl⁻/m⁻¹⁸⁷, Cl⁻/m⁻¹⁸⁸, Cl⁻/m⁻¹⁸⁹, Cl⁻/m⁻¹⁹⁰, Cl⁻/m⁻¹⁹¹, Cl⁻/m⁻¹⁹², Cl⁻/m⁻¹⁹³, Cl⁻/m⁻¹⁹⁴, Cl⁻/m⁻¹⁹⁵, Cl⁻/m⁻¹⁹⁶, Cl⁻/m⁻¹⁹⁷, Cl⁻/m⁻¹⁹⁸, Cl⁻/m⁻¹⁹⁹, Cl⁻/m⁻²⁰⁰, Cl⁻/m⁻²⁰¹, Cl⁻/m⁻²⁰², Cl⁻/m⁻²⁰³, Cl⁻/m⁻²⁰⁴, Cl⁻/m⁻²⁰⁵, Cl⁻/m⁻²⁰⁶, Cl⁻/m⁻²⁰⁷, Cl⁻/m⁻²⁰⁸, Cl⁻/m⁻²⁰⁹, Cl⁻/m⁻²¹⁰, Cl⁻/m⁻²¹¹, Cl⁻/m⁻²¹², Cl⁻/m⁻²¹³, Cl⁻/m⁻²¹⁴, Cl⁻/m⁻²¹⁵, Cl⁻/m⁻²¹⁶, Cl⁻/m⁻²¹⁷, Cl⁻/m⁻²¹⁸, Cl⁻/m⁻²¹⁹, Cl⁻/m⁻²²⁰, Cl⁻/m⁻²²¹, Cl⁻/m⁻²²², Cl⁻/m⁻²²³, Cl⁻/m⁻²²⁴, Cl⁻/m⁻²²⁵, Cl⁻/m⁻²²⁶, Cl⁻/m⁻²²⁷, Cl⁻/m⁻²²⁸, Cl⁻/m⁻²²⁹, Cl⁻/m⁻²³⁰, Cl⁻/m⁻²³¹, Cl⁻/m⁻²³², Cl⁻/m⁻²³³, Cl⁻/m⁻²³⁴, Cl⁻/m⁻²³⁵, Cl⁻/m⁻²³⁶, Cl⁻/m⁻²³⁷, Cl⁻/m⁻²³⁸, Cl⁻/m⁻²³⁹, Cl⁻/m⁻²⁴⁰, Cl⁻/m⁻²⁴¹, Cl⁻/m⁻²⁴², Cl⁻/m⁻²⁴³, Cl⁻/m⁻²⁴⁴, Cl⁻/m⁻²⁴⁵, Cl⁻/m⁻²⁴⁶, Cl⁻/m⁻²⁴⁷, Cl⁻/m⁻²⁴⁸, Cl⁻/m⁻²⁴⁹, Cl⁻/m⁻²⁵⁰, Cl⁻/m⁻²⁵¹, Cl⁻/m⁻²⁵², Cl⁻/m⁻²⁵³, Cl⁻/m⁻²⁵⁴, Cl⁻/m⁻²⁵⁵, Cl⁻/m⁻²⁵⁶, Cl⁻/m⁻²⁵⁷, Cl⁻/m⁻²⁵⁸, Cl⁻/m⁻²⁵⁹, Cl⁻/m⁻²⁶⁰, Cl⁻/m⁻²⁶¹, Cl⁻/m⁻²⁶², Cl⁻/m⁻²⁶³, Cl⁻/m⁻²⁶⁴, Cl⁻/m⁻²⁶⁵, Cl⁻/m⁻²⁶⁶, Cl⁻/m⁻²⁶⁷, Cl⁻/m⁻²⁶⁸, Cl⁻/m⁻²⁶⁹, Cl⁻/m⁻²⁷⁰, Cl⁻/m⁻²⁷¹, Cl⁻/m⁻²⁷², Cl⁻/m⁻²⁷³, Cl⁻/m⁻²⁷⁴, Cl⁻/m⁻²⁷⁵, Cl⁻/m⁻²⁷⁶, Cl⁻/m⁻²⁷⁷, Cl⁻/m⁻²⁷⁸, Cl⁻/m⁻²⁷⁹, Cl⁻/m⁻²⁸⁰, Cl⁻/m⁻²⁸¹, Cl⁻/m⁻²⁸², Cl⁻/m⁻²⁸³, Cl⁻/m⁻²⁸⁴, Cl⁻/m⁻²⁸⁵, Cl⁻/m⁻²⁸⁶, Cl⁻/m⁻²⁸⁷, Cl⁻/m⁻²⁸⁸, Cl⁻/m⁻²⁸⁹, Cl⁻/m⁻²⁹⁰, Cl⁻/m⁻²⁹¹, Cl⁻/m⁻²⁹², Cl⁻/m⁻²⁹³, Cl⁻/m⁻²⁹⁴, Cl⁻/m⁻²⁹⁵, Cl⁻/m⁻²⁹⁶, Cl⁻/m⁻²⁹⁷, Cl⁻/m⁻²⁹⁸, Cl⁻/m⁻²⁹⁹, Cl⁻/m⁻³⁰⁰, Cl⁻/m⁻³⁰¹, Cl⁻/m⁻³⁰², Cl⁻/m⁻³⁰³, Cl⁻/m⁻³⁰⁴, Cl⁻/m⁻³⁰⁵, Cl⁻/m⁻³⁰⁶, Cl⁻/m⁻³⁰⁷, Cl⁻/m⁻³⁰⁸, Cl⁻/m⁻³⁰⁹, Cl⁻/m⁻³¹⁰, Cl⁻/m⁻³¹¹, Cl⁻/m⁻³¹², Cl⁻/m⁻³¹³, Cl⁻/m⁻³¹⁴, Cl⁻/m⁻³¹⁵, Cl⁻/m⁻³¹⁶, Cl⁻/m⁻³¹⁷, Cl⁻/m⁻³¹⁸, Cl⁻/m⁻³¹⁹, Cl⁻/m⁻³²⁰, Cl⁻/m⁻³²¹, Cl⁻/m⁻³²², Cl⁻/m⁻³²³, Cl⁻/m⁻³²⁴, Cl⁻/m⁻³²⁵, Cl⁻/m⁻³²⁶, Cl⁻/m⁻³²⁷, Cl⁻/m⁻³²⁸, Cl⁻/m⁻³²⁹, Cl⁻/m⁻³³⁰, Cl⁻/m⁻³³¹, Cl⁻/m⁻³³², Cl⁻/m⁻³³³, Cl⁻/m⁻³³⁴, Cl⁻/m⁻³³⁵, Cl⁻/m⁻³³⁶, Cl⁻/m⁻³³⁷, Cl⁻/m⁻³³⁸, Cl⁻/m⁻³³⁹, Cl⁻/m⁻³⁴⁰, Cl⁻/m⁻³⁴¹, Cl⁻/m⁻³⁴², Cl⁻/m⁻³⁴³, Cl⁻/m⁻³⁴⁴, Cl⁻/m⁻³⁴⁵, Cl⁻/m⁻³⁴⁶, Cl⁻/m⁻³⁴⁷, Cl⁻/m⁻³⁴⁸, Cl⁻/m⁻³⁴⁹, Cl⁻/m⁻³⁵⁰, Cl⁻/m⁻³⁵¹, Cl⁻/m⁻³⁵², Cl⁻/m⁻³⁵³, Cl⁻/m⁻³⁵⁴, Cl⁻/m⁻³⁵⁵, Cl⁻/m⁻³⁵⁶, Cl⁻/m⁻³⁵⁷, Cl⁻/m⁻³⁵⁸, Cl⁻/m⁻³⁵⁹, Cl⁻/m⁻³⁶⁰, Cl⁻/m⁻³⁶¹, Cl⁻/m⁻³⁶², Cl⁻/m⁻³⁶³, Cl⁻/m⁻³⁶⁴, Cl⁻/m⁻³⁶⁵, Cl⁻/m⁻³⁶⁶, Cl⁻/m⁻³⁶⁷, Cl⁻/m⁻³⁶⁸, Cl⁻/m⁻³⁶⁹, Cl⁻/m⁻³⁷⁰, Cl⁻/m⁻³⁷¹, Cl⁻/m⁻³⁷², Cl⁻/m⁻³⁷³, Cl⁻/m⁻³⁷⁴, Cl⁻/m⁻³⁷⁵, Cl⁻/m⁻³⁷⁶, Cl⁻/m⁻³⁷⁷, Cl⁻/m⁻³⁷⁸, Cl⁻/m⁻³⁷⁹, Cl⁻/m⁻³⁸⁰, Cl⁻/m⁻³⁸¹, Cl⁻/m⁻³⁸², Cl⁻/m⁻³⁸³, Cl⁻/m⁻³⁸⁴, Cl⁻/m⁻³⁸⁵, Cl⁻/m⁻³⁸⁶, Cl⁻/m⁻³⁸⁷, Cl⁻/m⁻³⁸⁸, Cl⁻/m⁻³⁸⁹, Cl⁻/m⁻³⁹⁰, Cl⁻/m⁻³⁹¹, Cl⁻/m⁻³⁹², Cl⁻/m⁻³⁹³, Cl⁻/m⁻³⁹⁴, Cl⁻/m⁻³⁹⁵, Cl⁻/m⁻³⁹⁶, Cl⁻/m⁻³⁹⁷, Cl⁻/m⁻³⁹⁸, Cl⁻/m⁻³⁹⁹, Cl⁻/m⁻⁴⁰⁰, Cl⁻/m⁻⁴⁰¹, Cl⁻/m⁻⁴⁰², Cl⁻/m⁻⁴⁰³, Cl⁻/m⁻⁴⁰⁴, Cl⁻/m⁻⁴⁰⁵, Cl⁻/m⁻⁴⁰⁶, Cl⁻/m⁻⁴⁰⁷, Cl⁻/m⁻⁴⁰⁸, Cl⁻/m⁻⁴⁰⁹, Cl⁻/m⁻⁴¹⁰, Cl⁻/m⁻⁴¹¹, Cl⁻/m⁻⁴¹², Cl⁻/m⁻⁴¹³, Cl⁻/m⁻⁴¹⁴, Cl⁻/m⁻⁴¹⁵, Cl⁻/m⁻⁴¹⁶, Cl⁻/m⁻⁴¹⁷, Cl⁻/m⁻⁴¹⁸, Cl⁻/m⁻⁴¹⁹, Cl⁻/m⁻⁴²⁰, Cl⁻/m⁻⁴²¹, Cl⁻/m⁻⁴²², Cl⁻/m⁻⁴²³, Cl⁻/m⁻⁴²⁴, Cl⁻/m⁻⁴²⁵, Cl⁻/m⁻⁴²⁶, Cl⁻/m⁻⁴²⁷, Cl⁻/m⁻⁴²⁸, Cl⁻/m⁻⁴²⁹, Cl⁻/m⁻⁴³⁰, Cl⁻/m⁻⁴³¹, Cl⁻/m⁻⁴³², Cl⁻/m⁻⁴³³, Cl⁻/m⁻⁴³⁴, Cl⁻/m⁻⁴³⁵, Cl⁻/m⁻⁴³⁶, Cl⁻/m⁻⁴³⁷, Cl⁻/m⁻⁴³⁸, Cl⁻/m⁻⁴³⁹, Cl⁻/m⁻⁴⁴⁰, Cl⁻/m⁻⁴⁴¹, Cl⁻/m⁻⁴⁴², Cl⁻/m⁻⁴⁴³, Cl⁻/m⁻⁴⁴⁴, Cl⁻/m⁻⁴⁴⁵, Cl⁻/m⁻⁴⁴⁶, Cl⁻/m⁻⁴⁴⁷, Cl⁻/m⁻⁴⁴⁸, Cl⁻/m⁻⁴⁴⁹, Cl⁻/m⁻⁴⁵⁰, Cl⁻/m⁻⁴⁵¹, Cl⁻/m⁻⁴⁵², Cl⁻/m⁻⁴⁵³, Cl⁻/m⁻⁴⁵⁴, Cl⁻/m⁻⁴⁵⁵, Cl⁻/m⁻⁴⁵⁶, Cl⁻/m⁻⁴⁵⁷, Cl⁻/m⁻⁴⁵⁸, Cl⁻/m⁻⁴⁵⁹, Cl⁻/m⁻⁴⁶⁰, Cl⁻/m⁻⁴⁶¹, Cl⁻/m⁻⁴⁶², Cl⁻/m⁻⁴⁶³, Cl⁻/m⁻⁴⁶⁴, Cl⁻/m⁻⁴⁶⁵, Cl⁻/m⁻⁴⁶⁶, Cl⁻/m⁻⁴⁶⁷, Cl⁻/m⁻⁴⁶⁸, Cl⁻/m⁻⁴⁶⁹, Cl⁻/m⁻⁴⁷⁰, Cl⁻/m⁻⁴⁷¹, Cl⁻/m⁻⁴⁷², Cl⁻/m⁻⁴⁷³, Cl⁻/m⁻⁴⁷⁴, Cl⁻/m⁻⁴⁷⁵, Cl⁻/m⁻⁴⁷⁶, Cl⁻/m⁻⁴⁷⁷, Cl⁻/m⁻⁴⁷⁸, Cl⁻/m⁻⁴⁷⁹, Cl⁻/m⁻⁴⁸⁰, Cl⁻/m⁻⁴⁸¹, Cl⁻/m⁻⁴⁸², Cl⁻/m⁻⁴⁸³, Cl⁻/m⁻⁴⁸⁴, Cl⁻/m⁻⁴⁸⁵, Cl⁻/m⁻⁴⁸⁶, Cl⁻/m⁻⁴⁸⁷, Cl⁻/m⁻⁴⁸⁸, Cl⁻/m⁻⁴⁸⁹, Cl⁻/m⁻⁴⁹⁰, Cl⁻/m⁻⁴⁹¹, Cl⁻/m⁻⁴⁹², Cl⁻/m⁻⁴⁹³, Cl⁻/m⁻⁴⁹⁴, Cl⁻/m⁻⁴⁹⁵, Cl⁻/m⁻⁴⁹⁶, Cl⁻/m⁻⁴⁹⁷, Cl⁻/m⁻⁴⁹⁸, Cl⁻/m⁻⁴⁹⁹, Cl⁻/m⁻⁵⁰⁰, Cl⁻/m⁻⁵⁰¹, Cl⁻/m⁻⁵⁰², Cl⁻/m⁻⁵⁰³, Cl⁻/m⁻⁵⁰⁴, Cl⁻/m⁻⁵⁰⁵, Cl⁻/m⁻⁵⁰⁶, Cl⁻/m⁻⁵⁰⁷, Cl⁻/m⁻⁵⁰⁸, Cl⁻/m⁻⁵⁰⁹, Cl⁻/m⁻⁵¹⁰, Cl⁻/m⁻⁵¹¹, Cl⁻/m⁻⁵¹², Cl⁻/m⁻⁵¹³, Cl⁻/m⁻⁵¹⁴, Cl⁻/m⁻⁵¹⁵, Cl⁻/m⁻⁵¹⁶, Cl⁻/m⁻⁵¹⁷, Cl⁻/m⁻⁵¹⁸, Cl⁻/m⁻⁵¹⁹, Cl⁻/m⁻⁵²⁰, Cl⁻/m⁻⁵²¹, Cl⁻/m⁻⁵²², Cl⁻/m⁻⁵²³, Cl⁻/m⁻⁵²⁴, Cl⁻/m⁻⁵²⁵, Cl⁻/m⁻⁵²⁶, Cl⁻/m⁻⁵²⁷, Cl⁻/m⁻⁵²⁸, Cl⁻/m⁻⁵²⁹, Cl⁻/m⁻⁵³⁰, Cl⁻/m⁻⁵³¹, Cl⁻/m⁻⁵³², Cl⁻/m⁻⁵³³, Cl⁻/m⁻⁵³⁴, Cl⁻/m⁻⁵³⁵, Cl⁻/m⁻⁵³⁶, Cl⁻/m⁻⁵³⁷, Cl⁻/m⁻⁵³⁸, Cl⁻/m⁻⁵³⁹, Cl⁻/m⁻⁵⁴⁰, Cl⁻/m⁻⁵⁴¹, Cl⁻/m⁻⁵⁴², Cl⁻/m⁻⁵⁴³, Cl⁻/m⁻⁵⁴⁴, Cl⁻/m⁻⁵⁴⁵, Cl⁻/m⁻⁵⁴⁶, Cl⁻/m⁻⁵⁴⁷, Cl⁻/m⁻⁵⁴⁸, Cl⁻/m⁻⁵⁴⁹, Cl⁻/m⁻⁵⁵⁰, Cl⁻/m⁻⁵⁵¹, Cl⁻/m⁻⁵⁵², Cl⁻/m⁻⁵⁵³, Cl⁻/m⁻⁵⁵⁴, Cl⁻/m⁻⁵⁵⁵, Cl⁻/m⁻⁵⁵⁶, Cl⁻/m⁻⁵⁵⁷, Cl⁻/m⁻⁵⁵⁸, Cl⁻/m⁻⁵⁵⁹, Cl⁻/m⁻⁵⁶⁰, Cl⁻/m⁻⁵⁶¹, Cl⁻/m⁻⁵⁶², Cl⁻/m⁻⁵⁶³, Cl⁻/m⁻⁵⁶⁴, Cl⁻/m⁻⁵⁶⁵, Cl⁻/m⁻⁵⁶⁶, Cl⁻/m⁻⁵⁶⁷, Cl⁻/m⁻⁵⁶⁸, Cl⁻/m⁻⁵⁶⁹, Cl⁻/m⁻⁵⁷⁰, Cl⁻/m⁻⁵⁷¹, Cl⁻/m⁻⁵⁷², Cl⁻/m⁻⁵⁷³, Cl⁻/m⁻⁵⁷⁴, Cl⁻/m⁻⁵⁷⁵, Cl⁻/m⁻⁵⁷⁶, Cl⁻/m⁻⁵⁷⁷, Cl⁻/m⁻⁵⁷⁸, Cl⁻/m⁻⁵⁷⁹, Cl⁻/m⁻⁵⁸⁰, Cl⁻/m⁻⁵⁸¹, Cl⁻/m⁻⁵⁸², Cl⁻/m⁻⁵⁸³, Cl⁻/m⁻⁵⁸⁴, Cl⁻/m⁻⁵⁸⁵, Cl⁻/m⁻⁵⁸⁶, Cl⁻/m⁻⁵⁸⁷, Cl⁻/m⁻⁵⁸⁸, Cl⁻/m⁻⁵⁸⁹, Cl⁻/m⁻⁵⁹⁰, Cl⁻/m⁻⁵⁹¹, Cl⁻/m⁻⁵⁹², Cl⁻/m⁻⁵⁹³, Cl⁻/m⁻⁵⁹⁴, Cl⁻/m⁻⁵⁹⁵, Cl⁻/m⁻⁵⁹⁶, Cl⁻/m⁻⁵⁹⁷, Cl⁻/m⁻⁵⁹⁸, Cl⁻/m⁻⁵⁹⁹, Cl⁻/m⁻⁶⁰⁰, Cl⁻/m⁻⁶⁰¹, Cl⁻/m⁻⁶⁰², Cl⁻/m⁻⁶⁰³, Cl⁻/m⁻⁶⁰⁴, Cl⁻/m⁻⁶⁰⁵, Cl⁻/m⁻⁶⁰⁶, Cl⁻/m⁻⁶⁰⁷, Cl⁻/m⁻⁶⁰⁸, Cl⁻/m⁻⁶⁰⁹, Cl⁻/m⁻⁶¹⁰, Cl⁻/m⁻⁶¹¹, Cl⁻/m⁻⁶¹², Cl⁻/m⁻⁶¹³, Cl⁻/m⁻⁶¹⁴, Cl⁻/m⁻⁶¹⁵, Cl⁻/m⁻⁶¹⁶, Cl⁻/m⁻⁶¹⁷, Cl⁻/m⁻⁶¹⁸, Cl⁻/m⁻⁶¹⁹, Cl⁻/m⁻⁶²⁰, Cl⁻/m⁻⁶²¹, Cl⁻/m⁻⁶²², Cl⁻/m⁻⁶²³, Cl⁻/m⁻⁶²⁴, Cl⁻/m⁻⁶²⁵, Cl⁻/m⁻⁶²⁶, Cl⁻/m⁻⁶²⁷, Cl⁻/m⁻⁶²⁸, Cl⁻/m⁻⁶²⁹, Cl⁻/m⁻⁶³⁰, Cl⁻/m⁻⁶³¹, Cl⁻/m⁻⁶³², Cl⁻/m⁻⁶³³, Cl⁻/m⁻⁶³⁴, Cl⁻/m⁻⁶³⁵, Cl⁻/m⁻⁶³⁶, Cl⁻/m⁻⁶³⁷, Cl⁻/m⁻⁶³⁸, Cl⁻/m⁻⁶³⁹, Cl⁻/m⁻⁶⁴⁰, Cl⁻/m⁻⁶⁴¹, Cl⁻/m⁻⁶⁴², Cl⁻/m⁻⁶⁴³, Cl⁻/m⁻⁶⁴⁴, Cl⁻/m⁻⁶⁴⁵, Cl⁻/m⁻⁶⁴⁶, Cl⁻/m⁻⁶⁴⁷, Cl⁻/m⁻⁶⁴⁸, Cl⁻/m⁻⁶⁴⁹, Cl⁻/m⁻⁶⁵⁰, Cl⁻/m⁻⁶⁵¹, Cl⁻/m⁻⁶⁵², Cl⁻/m⁻⁶⁵³, Cl⁻/m⁻⁶⁵⁴, Cl⁻/m⁻⁶⁵⁵, Cl⁻/m⁻⁶⁵⁶, Cl⁻/m⁻⁶⁵⁷, Cl⁻/m⁻⁶⁵⁸, Cl⁻/m⁻⁶⁵⁹, Cl⁻/m⁻⁶⁶⁰, Cl⁻/m⁻⁶⁶¹, Cl⁻/m⁻⁶⁶², Cl⁻/m⁻⁶⁶³, Cl<



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXX. évf., 10. szám, 2015. október



A Magyar Kémikusok Egyesületének
– a MTE SZ tagjának –
tudományos ismeretterjesztő
folyóirata és hivatalos lapja

Szerkesztőség:

Felelős szerkesztő: KISS TAMÁS
Olvasószerkesztő: SILBERER VERA
Tervezőszerkesztő: HORVÁTH IMRE

Szerkesztők:

ANDROSITS BEÁTA, BANAI ENDRE,
JANÁKY CSABA, LENTE GÁBOR,
NAGY GÁBOR, PAP JÓZSEF SÁNDOR,
ZÉKÁNY ANDRÁS

Szerkesztőségi titkár: SÜLI ERIKA

Szerkesztőbizottság:

SZÉPVÖLGYI JÁNOS,
a szerkesztőbizottság elnöke,
[SZEKERES GÁBOR] örökös főszerkesztő,
ANTUS SÁNDOR, BECK MIHÁLY,
BIACS PÉTER, BUZÁS ILONA,
HANCSÓK JENŐ, JANÁKY CSABA,
JUHÁSZ JENŐNÉ, KALÁSZ HUBA,
KEGLEVICH GYÖRGY, KOVÁCS ATTILA,
KÖRTVÉLYESI ZSOLT,
KÖRTVÉLYESSY GYULA,
LIPTAY GYÖRGY, MIZSEY PÉTER,
MÜLLER TIBOR, NEMES ANDRÁS,
RÁCZ LÁSZLÓ, SZABÓ ILONA,
TÖMPE PÉTER, ZÉKÁNY ANDRÁS

Kapják az Egyesület tagjai és a megrendelők
A szerkesztésért felel: KISS TAMÁS

Szerkesztőség: 1015 Budapest, Hattyú u. 16.
Tel.: 36-1-225-8777, 36-1-201-6883
Fax: 36-1-201-8056
Email: mkl@mke.org.hu

Kiadja a Magyar Kémikusok Egyesülete
Felelős kiadó: ANDROSITS BEÁTA
Nyomdai előkészítés: Planta-2000 Bt.
Nyomás és kötés: Mester Nyomda
Felelős vezető: ANDERLE LAMBERT
Tel./fax: 36-1-455-5050

Terjeszti a Magyar Kémikusok Egyesülete
Az előfizetési díjak befizethetők a CIB Bank
10700024-24764207-51100005 sz.
számlájára „MKL” megjelöléssel
Előfizetési díj egy évre 10 200 Ft
Egy szám ára: 850 Ft. Külföldön terjeszti
a Batthyany Kultur-Press Kft.,
H-1014 Budapest, Szentháromság tér 6.
1251 Budapest, Postafiók 30.
Tel./fax: 36-1-201-8891, tel.: 36-1-212-5303

Hirdetések-Anzeigen-Advertisements:
SÜLI ERIKA

Magyar Kémikusok Egyesülete,
1015 Budapest, Hattyú u. 16.
Tel.: 36-1-201-6883, fax: 36-1-201-8056,
e-mail: mkl@mke.org.hu

Aktuális számaink tartalma,
az összefoglalók és egyesületi híreink,
illetve archivált számaink honlapunkon
(www.mkl.mke.org.hu) olvashatók

Index: 25 541
HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)
HU ISSN 1588-1199 (online)



Négy év várakozás után, idén augusztus 31. és szeptember 2. között került sor a 2. Nemzeti Vegyészkonferenciára. Vártuk, mert az első konferencia 2011-ben magasra tette a mércét: Kurt Wüthrich Nobel-díjas NMR-spektroszkópust és sok remek előadót hallgathattunk akkor. Vártuk, hiszen remek gondolat, hogy az olimpiákhoz hasonlóan négyévente a magyar kémikusok is teljes díszben vonuljanak fel és legyenek jelen együtt. Ez alkalommal is tartalmas, újtásokkal teli programon vehettünk részt. A konferencián neves előadóktól 8 plenáris, 22 meghatározó (keynote), valamint a kémia számos területét érintő 5 párhuzamos szekcióban 102 előadás hangzott el. A szóbeli előadások mellett félszázalánál is több posztert mutattak be, továbbá volt vitafórum a kutatás jelenéről és jövőjéről, ezzel is színesítve a szakmai programot. A mostani konferencia fontos és érdekes színfoltja volt még a „Molekuláris és szerkezeti biológia” szekció, melynek megjelenése világosan mutatja, hogy itthon és világszerte egyre több kémikus kerül a biokémia, a szerkezeti biológia határterületein át az élettudományok vonzáskörébe.

Az örömben némi ürmös is vegyült azért, hiszen a résztvevők száma alig haladta meg a 200–250 főt, míg a múlt alkalommal 500 vendégnek örülhettünk. Nehéz idők járnak a tudomány finanszírozása terén, mint tudjuk, de talán nem csak ez volt az ok. Több külföldi szakkonferencia is zajlott a programunkkal egy időben és a fiatalok körében sem sikerült kellően népszerűsíteni ezt a konferenciát, pedig bőven lehetett volna Hajdúszoboszlón is újdonságokat tanulni. Jó lenne látni, hogy mint a sportolók az olimpiára, a hazai vegyészek is tolonganak az „összkémiai” összejövetelre. Ahogy a térszerkezet statikus és dinamikus dualizmusa határozza meg a molekulák tulajdonságait, úgy a vegyész lelke is egyszerre örül annak, amit elért, s közben óvatosan vágyakozik egy (még) szebb jövő felé. Ne búslakodjunk azon, hogy lehettünk volna többen, de tegyünk meg minden tőlünk telhetőt azért, hogy négy év múlva tényleg többen legyünk. Több ember, még több tudás és még több remek kémia. Dolgozzunk közösen azon, hogy négy év múlva még több hallgatóval és doktorandusszal találkozunk a 3. Nemzeti Vegyészkonferencián.

Perczel András
egyetemi tanár

TARTALOM

VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY

Keserő György Miklós, Soós Tibor: Intuíció – a korlátok elviselhetetlen szükségessége **306**

Bóta Attila, Varga Zoltán, Wacha András: Nanoszerkezetek meghatározásának új hazai lehetőségei a CREDO kisszögű röntgenszórásos nagyberendezéssel **307**

Bruckner-termi előadás

Bálint Erika: A mikrohullámú technika alkalmazása foszfororganikus szintézisekben **312**

Alapi Tünde, Simon Gergő, Kovács Krisztina: Endokrin hatású fenil-urea peszticidek eltávolítása kiegészítő víztisztítási módszerekkel **315**

Takácsné Novák Krisztina: 20 éves az MTA Gyógyszerkémiai és Gyógyszer technológiai Munkabizottsága **319**

HAZAI KUTATÓMŰHELYEK BEMUTAKOZÁSA

Kortól függetlenül hasznos lehet, ha megkísérünk válaszolni az újabb kihívásokra.
Beszélgetés **Fogassy Elemér** professzor emeritusszal **323**
Csúcstechnológiák – lépésről lépésre. Beszélgetés **Marosi György** professzorral **325**

KÖNYVISMERTETÉS

Inzelt György: Tudórsorsok és emlékművek
(Hargittai István–Hargittai Magdolna: Budapesti séták a tudomány körül) **329**

KITEKINTÉS

Lehet még vulkánkitörés a Kárpát-medencében? **330**

VEGYIPAR- ÉS KÉMIATÖRTÉNET

Vegyészkalendárium (Pap József Sándor rovata) **332**

Szabó Árpád: Zsigmondy Richárd Adolf (1865–1929) **333**

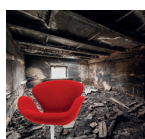
VEGYÉSZLELETEK

Lente Gábor rovata **334**

MEGEMLÉKEZÉS

Tömpe Péter: Vámos Éva emlékezete **336**

A HÓNAP HÍREI **337**



Címmlap:
Bútor égésigátolt,
újrahasznosított
polimerből
(illusztráció;
az Agencia ID,
Mexikó,
szíveségéből)

Alapi Tünde¹–Simon Gergő²–Kovács Krisztina³¹ SZTE TTIK Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék² SZTE TTIK Környezetkémiai Kutatócsoport³ MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Energia és Környezetbiztonsági Intézet, Sugárkémiai Laboratórium

| alapi@chem.u-szeged.hu | gsimon@chem.u-szeged.hu | kovacs.krisztina@energia.mta.hu,

Endokrin hatású fenil-urea peszticidek eltávolítása kiegészítő víztisztítási módszerekkel

Bevezetés

Az emberi tevékenység nyomán a környezetbe kerülő szennyező anyagok különféle káros humán és ökotoxikológiai hatásokat váltanak ki, melyek közül az elmúlt évtizedben főleg az endokrin rendszert zavaró hatások kerültek a figyelem középpontjába. Endokrin hatásúnak tekinthetők – a belső elválasztású mirigyek által termelt hormonokon kívül – mindazok az emberi vagy állati szervezetbe kívülről bekerülő anyagok, amelyek az endokrin rendszer befolyásolásával megzavarják egészséges egyedei vagy utódaik életfunkcióit (Endocrin Disrupting Chemicals (EDCs)) [1,2]. Az emberi szervezetre gyakorolt hatásuk napjainkban inkább megalapozottan feltételezett, mint bizonyított, de ezen vegyületeket tartják felelősnek bizonyos betegségek (cukorbetegség, daganatos betegségek, autoimmun betegségek, elhízás, meddőség, a nemi szerveket érintő daganatos betegségek, tanulási és koncentrációs zavarok stb.) gyakoriságának napjainkban tapasztalt megnövekedéséért és egyes nemi jelek megváltozásáért egyaránt [3,4]. A helyzetet az is súlyosbítja, hogy az EDC-k természetben összekeveredett elegyeinek hatáskombinációja (ösztrogén szinergizmus) megjósolhatatlan.

Az endokrin rendszert befolyásoló anyagok skálája kémiai értelemben igen széles (1. ábra), ide tartoznak a természetes és mesterséges hormonok (pl. fogamzásgátlók) mellett bizonyos gyógyszer-, peszticid hatóanyagok, detergensek, anionos tenzidek, kiemelt figyelmet érdemelnek a nonil-fenolok és egyéb ösztrogén hatású fenolszármazékok, a biszfenol-A és egyes nehézfémek. Mindezek közül a forgalmazott termékek mennyiségét és ökotoxikológiai hatását is figyelembe véve kiemelkedő jelentőségűek a peszticid hatóanyagok.

A hagyományos víztisztítási módszerek és az EDC-k

Az élő szervezetek, köztük az ember is, leginkább a vízhasználat ciklusában vannak kitéve EDC-k hatásának. A szennyvíztisztítók nem a kis koncentrációban jelen lévő EDC-k eltávolítására ter-



1. ábra. Endokrin hatású vegyületek származása és előfordulása

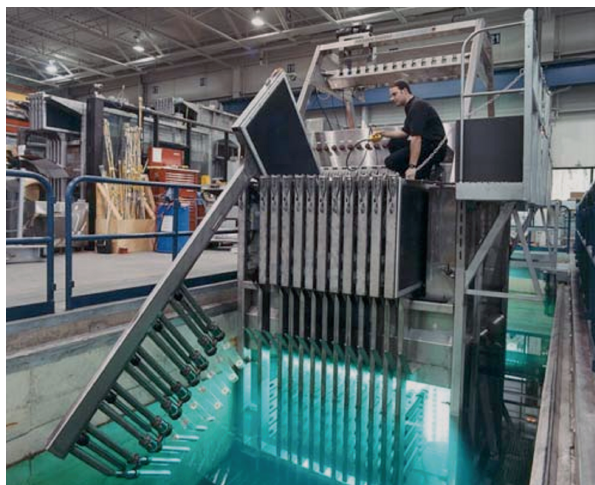
veztek. A szennyvíznek a tisztítóműben nem teljesen lebontott anyagai közül a vízdíthatók a kifolyó „tisztított” áramába, onnan közvetlenül a befogadó élővízbe, a vízben kevésbé oldódók a szennyvíziszapba, onnan a talajferő-pótlással vagy szivárgás útján szintén a felszíni vizekbe vagy a talajvízbe jutnak [5]. Mértékadó szakvélemények szerint az endokrin rendszert zavaró vegyületek évezredünk legjelentősebb környezeti problémájává válhatnak. A hagyományos víztisztítási módszerekkel ezen kis koncentrációban jelen lévő vegyületek és metabolitjaik teljes mértékben nem távolíthatók el [5,6,7], ezért egészségünk, valamint a következő generáció védelme megköveteli az e célra is alkalmas, gazdaságos és hatékony kiegészítő víztisztítási módszerek kidolgozását. Mindezt jól tükrözi, hogy a bizonyítottan vagy feltételezetten endokrin hatású vegyületeknek vizeinkből történő kimutatására, a hagyományos vízkezelési módszerekkel történő eltávolításuk korlátainak feltárására és következőképpen az új vízkezelési módszerekkel (pl. nagyhatékonyságú oxidációs eljárásokkal) történő eltávolításukra irányuló kutatásokkal foglalkozó publikációk [8,9] száma az elmúlt öt év során ugrásszerűen növekedett.



Nagyhatékonyságú oxidációs eljárások a vízkezelésben

A nagyhatékonyságú oxidációs eljárások gyökgeneráláson alapuló módszerek, amelyek alkalmazása során a szennyezők soklépéses kémiai folyamatokban alakulnak át. A szerves szennyezőkből képződött átmeneti gyökök a vizekben jelen lévő oxigénnel reagálva peroxilgyökökön, illetve peroxidokon keresztül jutnak el a részleges vagy teljes mineralizációhoz [10,11]. A gyökgenerálás alapján többféle módszert különböztetünk meg, jelen tanulmányban a teljesség igénye nélkül csupán az ultraibolya (UV) fotolízis, ózonos kezelés és heterogén fotokatalízis rövid ismertetésére térünk ki.

Az ultraibolya fotolízis általában az aromás vegyületek, valamint egyes klórozott szénhidrogének eltávolítására oxidálószerke hozzáadása nélkül is alkalmas. Az esetek többségében, laboratóriumi és ipari méretekben (2. ábra) egyaránt, 254 nm-en sugárzó kisnyomású higanygőzlámpát alkalmaznak fényforrásként.

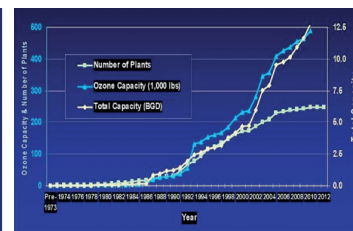
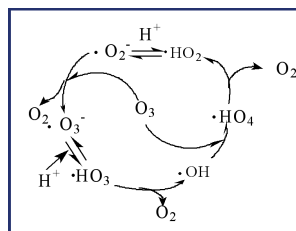


2. ábra. Vízisztítás és fertőtlenítés ultraibolya fotolízissel

(forrás: <http://rgffoodsanitation.com/wp-content/uploads/2013/03/GRAINH11.jpg> és <http://www.water-technology.net/projects/sharjah/sharjah10.html>)

Az ultraibolya fotolízist elterjedten használják légterek és vizek fertőtlenítésére is (2. ábra), a szerves szennyezők mineralizációjára – az esetek többségében – azonban csak kombinált módszerekkel, oxidáló hatású anyagok (O_3 , H_2O_2) hozzáadásával alkalmas [10].

Az ózonos vízkezelést elterjedten használják ipari méretben vizek elő- és utókezelésére, valamint fertőtlenítésére egyaránt

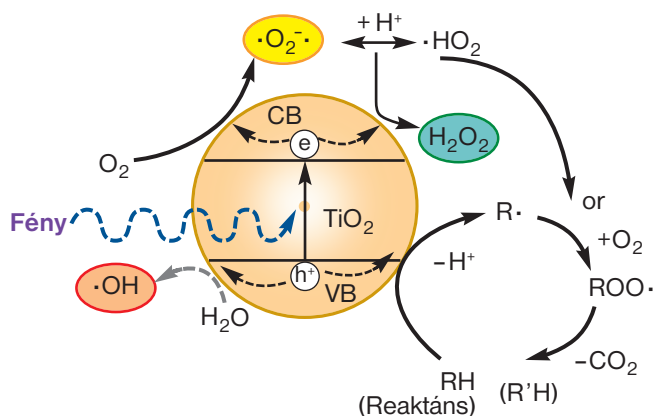


3. ábra. Az ózon gyökös bomlása az SBH-modell szerint, valamint ózonos vízkezelést alkalmazó víztisztítók számának és kapacitásának növekedése az Egyesült Államokban (forrás: <http://www.spartanwatertreatment.com/timeline.html>)

[10,11]. A molekuláris ózon önmagában is erőlyes oxidálószer, hatását azonban nagymértékben fokozzák a belőle képződő gyökök és gyökionok (3. ábra). A gyökök koncentrációját és megoszlását az aktuális ózonkoncentráció mellett az oldat pH-ja, valamint a jelen lévő inhibitorok és iniciátorok határozzák meg. A képződött gyökök és gyökionok közül a legnagyobb figyelmet a hidroxilgyök érdemli, mely az egyik legreaktívabb gyök. Ózon vizes oldatát 254 nm hullámhosszúságú fénnel besugározva az ózon gyökös bomlása iniciálható, és a képződött hidroxilgyök koncentrációja így számottevően megnövelhető [10,11].

Az utóbbi évtizedekben igen nagy figyelmet kapott a heterogén fotokatalitikus oxidáció alkalmazása a szerves szennyezők lebontására, mely félvezető fotokatalizátor jelenlétében játszódik le megfelelő hullámhosszúságú fénnel történő megvilágítás hatására. A félvezető oxidok között a TiO_2 bizonyult a legígéretesebb katalizátornak kémiai és biológiai inertsége, alacsony előállítási költsége, valamint fotostabilitása miatt. A heterogén fotokatalízis során a vegyértéksáv és a vezetési sáv közötti energia-különbségnél (TiO_2 : 3,2 eV) nagyobb energiájú fotonokkal (TiO_2 esetén 385 nm-nél kisebb hullámhosszúságú fénnel) megvilágítva a katalizátort töltésszeparáció jön létre. A vegyértéksávba pozitív lyuk, a vezetési sávba pedig elektronok jutnak, ezáltal elektron-lyuk párok alakulnak ki. A TiO_2 felszínén adszorbeálódott oxigén gátolja az elektron-lyuk rekombinációt, elektron felvételével belőle szuperoxid-gyökion képződik. A félvezető felszínére kijutó pozitív töltésű lyuk vagy közvetlen töltésátmenettel a szerves szubsztátum oxidációját okozza, vagy a TiO_2 felszínén adszorbeálódott vízmolekulával vagy hidroxidionnal való reakciója során hidroxilgyököket eredményez (4. ábra). A heterogén fotokatalízis hatékonysága oxidálószerke hozzáadásával tovább növelhető, a fotokatalizátor módosítása pedig lehetőséget ad a napfény energiájának felhasználására is.

4. ábra. Heterogén fotokatalízis működésének elve [12]

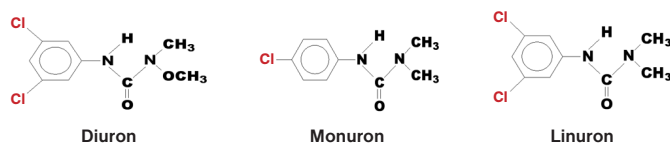




Bizonyos esetekben azonban nem elegendő csupán a kiindulási vegyület átalakulási sebességét figyelembe venni az alkalmazott módszer hatékonyságának jellemzésére vonatkozóan. Toxikus anyagok átalakulása során a képződött köztitermékek toxicitása meghaladhatja a kiindulási vegyületét, így ezen anyagok oxidatív átalakulásának vizsgálatát célszerű a toxikológiai jellemzők változásának mérésével is összekötni.

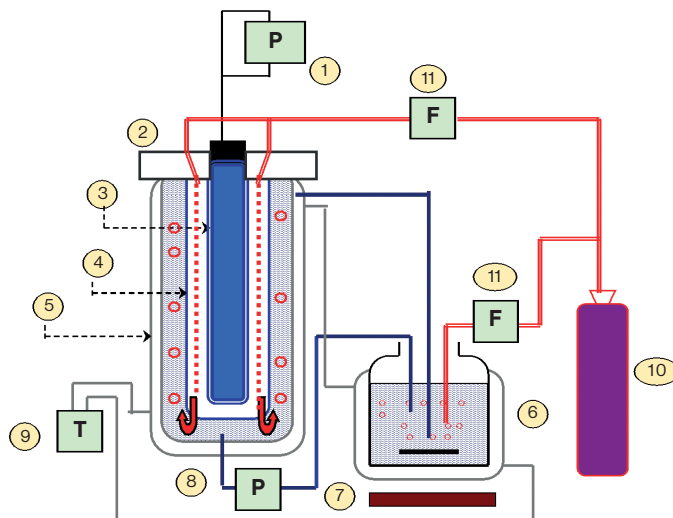
Nagyhatékonyságú oxidációs eljárások és kombinációik összehasonlítása klórozott fenil-urea peszticid hatóanyagok bontásában

Az egyes nagyhatékonyságú oxidációs módszerek közül az ultrabolya fotolízist és az ózonos kezelést napjainkban is használják vizek elő- és utókezelésére, valamint fertőtlenítésére. A heterogén fotokatalízis technológiai megvalósítása ma még fejlesztés alatt áll, de a módszer hatékonyságát tekintve igen ígéretesnek tűnik szerves szennyezők kisebb térfogatú vizekből történő eltávolítására. Mindhárom módszer alkalmas a szerves szennyezők oxidatív átalakítására, azonban az egyes módszerek hatékonysága jelentősen megnövelhető azok ésszerű kombinálásával. Az itt bemutatott három módszer és azok kombinációit a diuron, monu-



5. ábra. A vizsgált fenil-urea peszticid hatóanyagok képletei

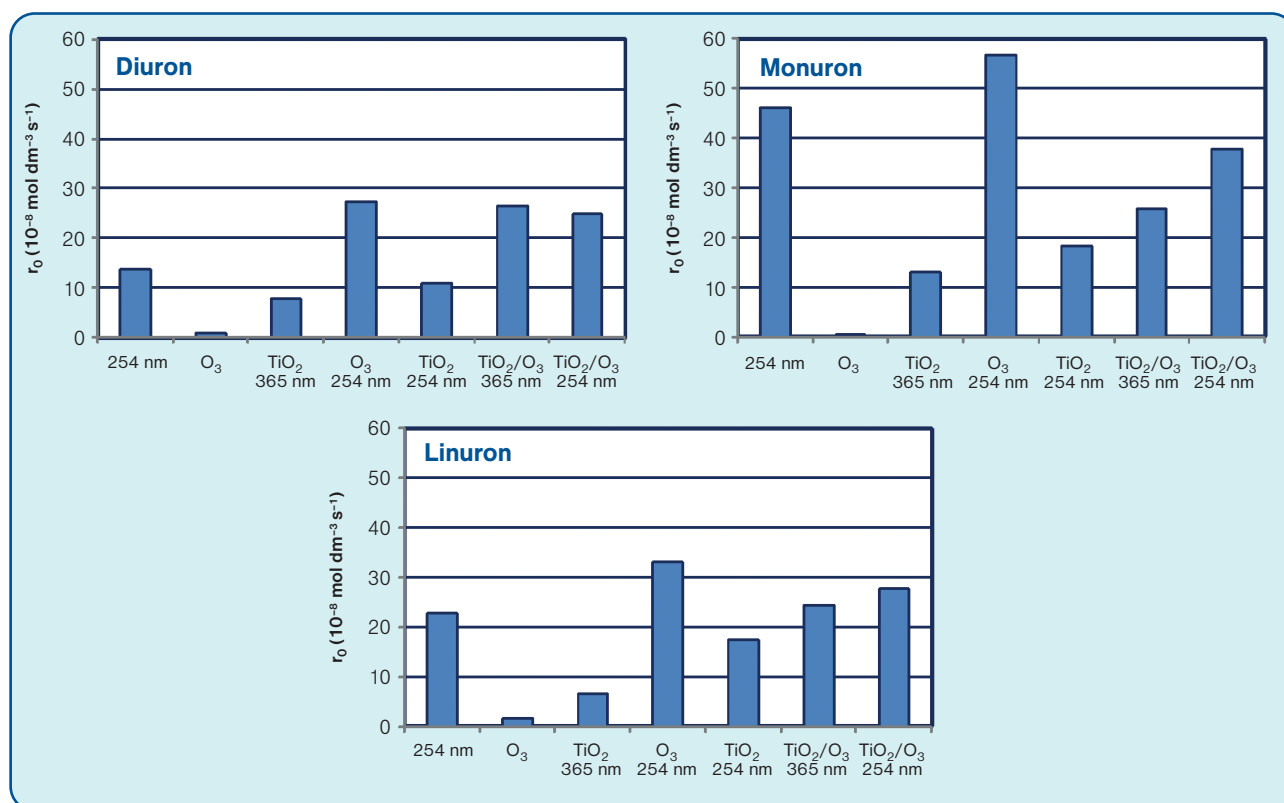
ron és linuron (5. ábra), három fenil-urea típusú, klórozott, aromás általános peszticid hatóanyag oxidatív átalakulásában vizsgáltuk. Mindhárom a karbamid típusú gyomirtók közé tartozik,



6. ábra. A kísérleti berendezés vázlata [13]. 1 – tápegység, 2 – teflondugó, gázbevezető csővel ellátva, 3 – kisnyomású higanygőzlámpa, 4 – bura, 5 – termosztált reakcióedény, 6 – tartály, 7 – mágneses keverő, 8 – perisztaltikus pumpa, 9 – termosztát, 10 – oxigén/levegő/nitrogén palack, 11 – áramlásmérő (a piros szaggatott vonal és nyíl a lámpa fala és lámpabura közt áramló gáz mozgásának irányát jelzi)

melyek nagy adagban totális hatású gyomirtó szerként is felhasználhatók, de elterjedtebb a kisebb mennyiségben való szelektív alkalmazásuk. Bár a diuron használatát ma már jelentős mértékben korlátozzák, azonban általános gyomirtó szerként még ma is használják. A diuron, monuron és linuron immunrendszert és endokrin rendszert károsító hatása ma már bizonyított. A diuron biodegradálhatósága igen rossz, vízben és talajban a féléletideje meglehetősen nagy (hidrolízis féléletidő: 1285

7. ábra. Diuron, monuron és linuron kezdeti átalakulási sebességei különböző módszerek és kombinációik esetén





nap; féleletidő talajban: 372–995 nap) így a perzisztens vegyületek közé sorolható. A monuron és linuron már könnyebben lebomlik a vízben és a talajban, bár a hidrolízis ezen két vegyületre sem jellemző.

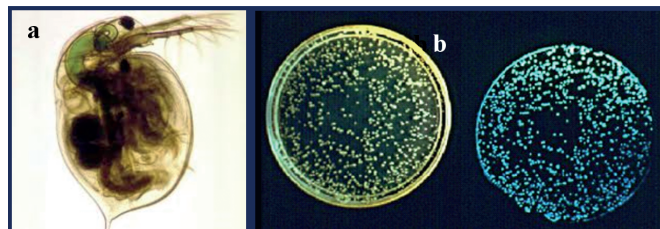
A 6. ábrán bemutatott, általunk tervezett és használt fotoreaktor fényforrása egy kisnyomású higanygőzlámpa volt, mely 254 és 185 nm hullámhosszúságú fényt bocsát ki. A reaktort úgy terveztük és építettük meg, hogy a 185 nm hullámhosszúságú fényt az ózon fotokémiai generálására használtuk fel. Perforált burát (4) használva, az ózont ($1,37 \times 10^{-5}$ M) tartalmazó oxigént átvezettük a kezelt oldaton, így annak ózonos kezelését külön ózongenerátor alkalmazása nélkül vizsgálhattuk.

A reaktor felépítése lehetővé tette, hogy ugyanazon készülékben a fényforrást és a lámpa burájának (4) az anyagát (kvarc vagy üveg), illetve szerkezetét (perforált vagy nem perforált) változtatva az ultraibolya fotolízis (nem perforált kvarcbura), ózonos kezelés (perforált üvegbura), heterogén fotokatalízis (ebben az esetben zárt kvarcburát és 300–400 nm között sugárzó fluoreszcens lámpát használtunk, melynek intenzitása 365 nm-nél maximális), valamint ezen módszerek kombinációinak hatékonyságát azonos energiabefektetés mellett vizsgáljuk és hasonlítsuk össze [13].

Az egyes módszereket, illetve azok hatékonyságát részben a kezdeti átalakulási sebességek alapján hasonlítottuk össze. Ahogyan a 7. ábra mutatja, a három módszer közül az ózonos kezelés hatékonysága nagymértékben elmaradt a heterogén fotokatalízis és az ultraibolya fotolízis mellett. A molekuláris ózon meglehetősen szelektív oxidálószer, az aromás gyűrűn lévő klóratomok jelentős mértékben csökkentik az ózon aromás gyűrűre való addíciójának valószínűségét (1. táblázat). A három módszer közül leghatékonyabbnak a közvetlen fotolízis bizonyult, ami az egyes peszticid hatóanyagok moláris abszorbanációjának meglehetősen nagy értékeivel értelmezhető (1. táblázat).

A kis koncentrációjú ózon hozzáadása mind az ultraibolya fotolízis, mind a heterogén fotokatalízis hatékonyságát jelentősen megnövelte. Az ózonos kezelést ultraibolya fotolízissel kombinálva nem csupán a közvetlen fotolízis, hanem az ózon 254 nm hullámhosszúságú fény által iniciált bomlása következtében megnövekedett hidroxilgyök-koncentráció is jelentősen hozzájárul az átalakulási sebesség megnövekedéséhez. Heterogén fotokatalízis során a hozzáadott ózon részben jobb elektronbefogóként, részben pedig a bomlása során képződött gyökök miatt szintén jelentősen megnöveli a hidroxilgyök-koncentrációt.

Amennyiben a heterogén fotokatalízist ultraibolya fotolízissel kombináljuk, azaz a TiO_2 -szuszpenziót 254 nm hullámhosszúságú fénnel világítjuk meg, a katalizátor jelenléte csökkenti az átalakulás sebességét. Ebben az esetben részben a szerves szubsztátum és a TiO_2 között kialakuló kompetitív fényelnyelés, illetve a TiO_2 -részecskék miatti fényszóródás okozza az átalakulási sebesség csökkenését.



8. ábra. A toxikológiai tesztekben használt *Daphnia magna* (a), valamint *Vibrio fischeri* agaron szélesztve fényben és sötétben világító telepek (b)

Az egyes módszereket a mineralizáció és dehalogenizáció sebessége szempontjából is összehasonlítottuk. A kiindulási vegyület elbomlása után szervesen kötött klór már nem mutatható ki az oldatokban egyik esetben sem. Ugyanakkor a teljes szerves széntartalom sem az ultraibolya fotolízis, sem az ózonos kezelés alatt nem változott, a két módszer kombinációját alkalmazva csupán 10–13%-kal, míg a heterogén fotokatalízist alkalmazva közel 50–65%-kal csökkent.

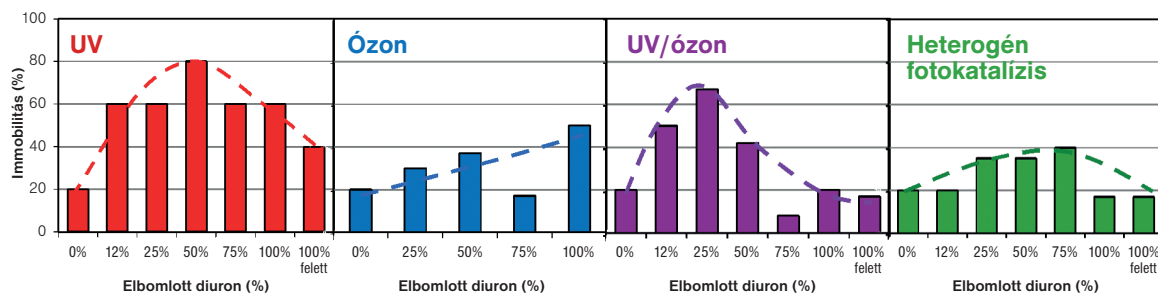
Toxikus hatású vegyületek esetén célszerű az oldat toxicitásának változását követni a kezelés előrehaladtával, hiszen a kiindulási vegyületek átalakulása során képződhetnek környezeti, illetve egészségügyi szempontból káros hatású köztitermékek is. Bizonyos esetekben a kiindulási vegyületek átalakulása során náluk fajlagosan toxikusabb köztitermékek képződésére is lehet számítani.

Ennek megfelelően méréseinket összekapcsoltuk ökototoxicitási tesztek (Daphtoxkit F^{TM} Magna és *Vibrio fischeri* biolumineszcencia-gátlási teszt) elvégzésével is, így követni tudtuk a kezelt oldatok ökototoxicitásának időbeni változását. A Daphtoxkit F^{TM} Magna teszt édesvízi rákokcák (*Daphnia magna*) immobilitásán keresztül ad információt az egyes vegyületek toxicitásáról. Az eljárás során a tesztelendő vegyi anyag hatására bekövetkező immobilizációt vizsgáljuk. A mozgásképtelen állatok számát 24 és 48 óra elteltével rögzítjük, és a kontroll mintához viszonyítva számítjuk a gátlási százalékot. A *Vibrio fischeri* biolumineszcencia-gátlási teszt módszer a *Vibrio fischeri* tengeri baktérium által emitált lumineszcens fény intenzitásának mérésén alapul. Gátló anyag jelenlétében a fényemisszió csökken, amit luminométerrel mérünk (8. ábra).

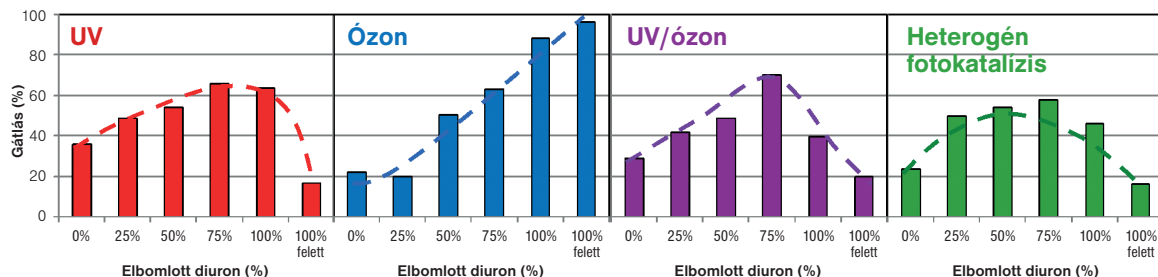
A toxicitás változására vonatkozó oldatokat a diuron esetén mutatjuk be (9. és 10. ábra). Az egyes kezelések során mért értékek időbeni lefutása mindhárom vegyületnél azonos jelet mutatott. Mérési eredményeink szerint a kezelt oldatok toxicitása az esetek többségében maximumgörbe szerint változott, egyedül ózonos kezelésnél figyelhető meg, hogy a toxicitás az átalakulás ideje alatt folyamatosan növekedett. Mindez a fajlagosan toxikusabb köztitermékek képződésére utal. Az ultraibolya

1. táblázat. A vizsgált fenil-urea peszticid hatóanyagok moláris abszorbanáciái, a közvetlen fotolízisükre vonatkozó kvantumhasznosítási tényezők, valamint a molekuláris ózonnal és hidroxilgyökkel való reakciók sebességi állandói

	Moláris abszorbanancia, $\epsilon_{254 \text{ nm}}$ ($\text{mol}^{-1}\text{dm}^3\text{cm}^{-1}$)	Kvantumhasznosítási tényező (254 nm, fotolízis)	k_{O_3} ($\text{mol}^{-1}\text{dm}^3\text{s}^{-1}$)	k_{OH} ($\text{mol}^{-1}\text{dm}^3\text{cm}^{-1}$)
Diuron	16135	00115 [15]	16,5 [16]	$4,6 \times 10^9$ [16]
Monuron	14256	0,05 [17]	n. a.	$7,3 \times 10^9$ [19]
Linuron	15612	0,036 [15, 18]	1,9 [16] 293 [18]	$4,3 \times 10^9$ [16] $2,74 \times 10^9$ [18]



9. ábra. *Daphnia magna* immobilitásának változása az elbomlott diuron függvényében



10. ábra. *Vibrio fischeri* által emittált lumineszcens fény intenzitásának gátlása az elbomlott diuron függvényében

fotolízist ózonos kezeléssel kombinálva a kezelt oldat toxicitása gyorsabban csökkent, mint közvetlen fotolízisnél. A toxicitás maximumának értéke heterogén fotokatalízis során volt a legkisebb. Ugyanakkor a teljes szerves széntartalom csökkenése is egyedül heterogén fotokatalízis esetén a számottevő, ami a köztitermékek gyors és hatékony elbontására utal. A kis koncentrációjú ózon jelenléte ebben az esetben is megnövelte az UV-fotolízis és heterogén fotokatalízis hatékonyságát, amit a toxicitás maximális értékének csökkenése is mutat.

A közvetlen fotolízis, az ózonomolekulával való reakció, a hidroxilgyökökkel és egyéb reaktív oxigéntartalmú gyökökkel való reakciók, illetve a közvetlen töltésátmenet mind-mind más lehetőséget teremt a kiindulási vegyület és a belőle képződött köztitermékek átalakulására vonatkozóan, így nem meglepő, hogy az egyes módszerek közti különbség nem csupán a kiindulási vegyületek átalakulási sebességében, hanem a képződött köztitermékek minőségében és mennyiségében is megnyilvánul. Mindezt jól tükrözi a kezelt oldatok toxicitásának változása mellett, hogy az egyes oldatok színe a kezelések ideje alatt módszertől függően változott. Míg ultraibolya fotolíziskor élénk színváltozás figyelhető meg mindhárom vegyület esetén, addig ózonos kezelést vagy heterogén fotolízist alkalmazva ennek intenzitása csökken, vagy teljes mértékben elmarad. Spektrofotometriás, valamint tömegspektrometriás méréseink eredményei is igazolták, hogy a legtöbb aromás köztitermék ultraibolya fotolízis során képződik. Bár a kiindulási vegyületek aromás gyűrűjének deklórozása és hidroxilációja mellett az alifás lánc oxidációja minden esetben megtörténik, a képződött köztitermékek minősége és koncentrációja módszerenként igen eltérő.

Köszönetnyilvánítás. A kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

IRODALOM

- [1] Global assessment of the state-of-the-science of endocrine disruptors. International Programme on Chemical Safety. World Health Organization, 2002.
- [2] T. Colborn, D. Dumanoski, J. Peterson Myers, Our stolen future, Dutton, United States, 1996.

- [3] R. T. Zoeller, T. R. Brown, L. L. Doan, A. C. Gore, N. E. Skakkebaek, A. M. Soto, T. J. Woodruff, F. S. Vom Saal, The Endocrine Soc. (2012) 153(9), 4097.
- [4] N. L. Vandenberg, T. Colborn, T. B. Hayes, J. J. Heindel, D. R. Jacobs, Jr., D.-H. Lee, T. Shioda, A. M. Soto, F. S. vom Saal, W. V. Welshons, R. T. Zoeller, J. P. Myers, Endocrine Rev. (2012) 33(3) 378.
- [5] R. Zákányiné Mészáros, G. Muránszky, Anyagmérnöki Tudományok (2013) 38(1), 349.
- [6] A. C. Johnson, J. P. Sumpter, Environ. Sci. Technol., (2001), 35(24), 4697.
- [7] M. Nasu, M. Goto, H. Kato, Y. Oshima, H. Tanaka, Wat. Sci. Techn. (2001), 43(2), 101.
- [8] S. Esplugas, D. M. Billa, L. G. T. Krause, M. Dezotti, J. Haz. Mat. (2007), 149(3), 631.
- [9] W.L. Zhang, Y. Li, Y.L. Su, K. Mao, Q. Wang, J. Haz. Mat. (2012), 215–216, 252.
- [10] A. Dombi András, I. Ilisz, Nagyhatékonyságú oxidációs eljárások a környezeti kémiában, A kémia legújabb eredményei 86, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2000.
- [11] T. Oppenländer Photochemical Purification of Water and Air, Advanced Oxidation Processes (AOPs): Principles, Reaction Mechanisms, Reactor Concepts, Wiley-VCH, New York/Weinheim, 2003.
- [12] Y. Nosaka, M. Nishikawa, A. Y. Nosaka Molecules (2014) 19(11), 18248.
- [13] T. Alapi, L. Berecz, E. Arany, A. Dombi, Ozone-Sci. Eng.(2013) 35(5), 350.
- [14] S. Sanches, M.T.B. Crespo, V.J. Pereira, Wat. Res. (2010) 44(6), 1809.
- [15] E.J. Benitez, E.J. Real, J.L. Acero, C.J. Garcia, Haz. Mat. (2006) 138(2), 278.
- [16] E.J. Benitez, E.J. Real, J.L. Acero, C.J. Garcia, Wat. Res. (2007) 41(18), 4073.
- [17] N.A. Scholer, Vom Wasser (1996) 86, 57.
- [18] Y.E. Rao, W. Chu, Chemosphere (2009) 74(11), 1444.

ÖSSZEFOGLALÁS

Alapi Tünde, Simon Gergő, Kovács Krisztina: **Endokrin hatású fenil-urea peszticidek eltávolítása kiegészítő víztisztítási módszerekkel**

Napjainkban a környezeti kémiai kutatások egyik fontos kérdése a vizek és szennyvizek megfelelő mértékű tisztítása, mely során a kis koncentrációban jelen lévő szennyezőanyagok, beleértve az endokrin hatású vegyületeket is, teljes mértékben eltávolíthatók. A hagyományos víztisztítási módszerek sajnos nem elég hatékonyak ezen kis koncentrációban jelen lévő, de annál veszélyesebb vegyületek eltávolítására, így szükségessé vált kiegészítő módszerek kutatása. Munkánk során különböző nagyhatékonyságú oxidációs módszereket és azok kombinációit hasonlítottunk össze a diuron, a monuron és a linuron – mint endokrin hatású peszticid hatóanyagok – oxidatív átalakítása szempontjából. Az egyes módszerek hatékonyságát nem csupán az átalakulás sebessége, hanem a kezelt oldat ökotoxicitásának időbeni változása, a mineralizáció és a dehalogenizáció sebessége, valamint a képződött köztitermékek minősége szempontjából is összehasonlítottuk.